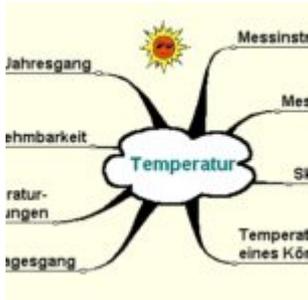


**Licht wärmt, im Schatten wird es kühl,
doch was ist „Temperatur“?**



Das Temperament führte die Ärzte zur Temperatur

Auch die Ärzte des Altertums wussten dies nicht, aber sie waren wohl die ersten, die bemerkten, dass die Gesundheit des Menschen irgendwie mit der Körperwärme zusammenhing. Den Arzneien wurde je nach Befund eine kühlende oder wärmende Wirkung zugeschrieben. Die Stärke dieser Wirkung wurde mit Graden bestimmt. Grad leitet sich vom lateinischen Wort ‚gradus‘ gleich Stufe ab. Ein großer Arzt des Altertums, Galenos von Pergamon (121-199), er war auch Sportarzt bei den Olympischen Spielen, teilte die Wirkung der Arzneien mit einer Achtgradskala ein, je vier Grade für Wärme und für Kälte. Das

Menschen temperament käme durch eine Vermischung von vier Flüssigkeiten zustande. Deren Vermischung in einem ganz bestimmten Verhältnis wird im Lateinischen „Temperatur“ genannt. Erst im 17. Jahrhundert begann man, das Wort Temperatur auf die uns heute geläufige Weise zu benutzen, nachdem man gelernt hatte, die Erwärmung eines Körpers ihrer Stärke nach zu messen.

Doch selbst noch Galileo Galilei (1564-1641), der 1597 das erste Thermometer konstruierte, wusste nicht, was er eigentlich maß. Immer, wenn er die Kugel mit der Hand berührte, stieg das Wasserniveau in der Glasröhre. Es hob und senkte sich aber auch ohne Berührung. Erst seinem Schüler Evangelista Torricelli (1608-1647) gelang es, den Zusammenhang zwischen der Höhe der Quecksilbersäule und dem Luftdruck zu erkennen. Zur Zeit Galileis schien selbst die Idee, dass die Luft auf die

Erde drücken konnte, unannehmbar. Sein Instrument bestätigte, dass sich Körper bei Erwärmung ausdehnen und bei Abkühlung zusammenziehen. Es bestätigte auch, dass Wärme immer von einem heißen Körper zu einem kalten übergeht. Ein heißer Teekessel kühlt sich im Zimmer von selbst ab, aber er kann sich nicht von selbst erwärmen. Es ist möglich, ein Zimmer mit einem Ofen zu heizen, aber es ist absolut unmöglich, nur auf Kosten einer Zimmerkühlung einen Ofen zu erwärmen.

Galileo Galilei war der „Vater der Experimentalphysik“. Von ihm stammt der weise Spruch: „Die Natur ist unerbittlich und unveränderlich, und es ist ihr gleichgültig, ob die verborgenen Gründe und Arten ihres Handelns dem Menschen verständlich sind oder nicht.“ Wer weiß das besser als ein in der Wetteranalyse und Wettervorhersage tätiger Meteorologe?

Die Vertreibung aus dem Paradies – ein doppelter Verlust an „Wärme“!

Im Paradies hatten Adam und Eva offensichtlich keine Probleme mit dem Wetter, auch keinen Mangel an Wärme, obgleich sie nackt waren. Das

lässt den Schluss zu, dass der „Garten Eden“ sich in den feuchtwarmen Tropen mit Temperaturen kaum unter 28 °C befand. Selbst nach dem Sündenfall störte sie die Nacktheit nicht. Aber als Gott sie aus dem

**Paradies vertrieb,
wäre die Nacktheit
ein ernstes
Überlebensproblem
geworden. Gott
wusste dies und
daher heißt es in
der
Schöpfungsgeschicht
e (Gen 3,21), dass
Gott Adam und Eva
beim Rausschmiss**

**aus dem Paradies
„Röcke aus Fellen“
machte und sie
damit bekleidete.
Er garantierte
damit ihr
Überleben, denn
ohne Kleidung
hätten sie nackt
kaum die starken
Temperaturschwankun
gen mit glühender**

Hitze am Tage und empfindlicher Abkühlung in der Nacht, besonders bei klarem Himmel, überleben können.

Adam und Eva hatten zwar verbotenerweise vom „Baum der Erkenntnis“ gegessen, aber

**ihnen fehlte
mangels Erfahrung
jegliches Gefühl
dafür, welche
physiologischen
Wirkungen Nacktheit
auf sie haben
könnte. Sie kannten
zwar die Felle der
Tiere und das
Federkleid der
Vögel, aber es war**

**ihnen nicht
bewusst, welche
Lebensnotwendige
Funktion diese
natürliche
„Bekleidung“ hat.
Das Geheimnis
besteht darin, dass
unter dem
Federkleid und im
Fell Luft ruhig
gestellt wird.**

**Trockene Luft hat
in der Natur die
geringste
Wärmeleitfähigkeit.
Sie beträgt 0,0262
W/m• K. Luft hat
von allen Stoffen
die höchste
Isolierfähigkeit,
doch nur unter der
Bedingung, dass sie
absolut ruhig**

**gestellt und
jedwede Konvektion
unterbunden wird.
Zudem dürfen die
Daunen unter dem
Federkleid nicht
nass werden. Wasser
hat mit $0,56 \text{ W/m} \cdot \text{K}$
eine 21 Mal höhere
Wärmeleitfähigkeit
als Luft. Daher
sind Enten ständig**

**beschäftigt, ihr
Federkleid
einzufetten, damit
kein Wasser durch
das Gefieder dringt
und die Daunen
durchnässt.**

**Da ein Stillstellen
von Luft unter
freiem Himmel
völlig unmöglich
ist, nutzen Tiere**

**ihr Feder- oder
Fellkleid, um sich
vor
lebensgefährlicher
Ab- und
Unterkühlung zu
schützen. Dasselbe
macht der Mensch
mit seiner
Kleidung, die er
stets den
Außentemperaturen**

anpasst. Je größer die Differenz von Körper- und Umgebungstemperatur ist, desto dichter muss die Kleidung sein. Sie schützt uns vor Hitze und Kälte, vor Regen, Sonne und Wind. Die Herstellung von Kleidung war der

**erste eigenständige
Kulturakt des
Menschen. Die Natur
war dabei
Lehrmeisterin. Man
muss sie nur
genauestens
beobachten. Eine
Beobachtung war,
dass beim Rupfen
der Gänse unter dem
Gefieder flauschige**

**Daunen zum
Vorschein kamen.
Enten- und
Gänsedaunen nutzt
der Mensch zur
Herstellung von
Kopfkissen und
Bettdecken.
Zwischen den
winzigen Daunen ist
Luft eingeschlossen
und kann sich nicht**

**bewegen. Begibt
sich der Mensch zur
Nachtruhe ins kalte
Bett, dann wärmt er
mit seiner
Körperwärme die
Bettdecke auf und
erzeugt ein dem
Schlaf bekömmliches
Bettklima. Die
Bettdecke wärmt
nicht, ebenso wenig**

wie ein Mantel.

Das Bekleiden von Adam und Eva mit „Fellen“ war ein lebensnotwendiger Gnadenakt, der es dem Menschen ermöglichte, die ganze Welt zu besiedeln und sich dem jeweiligen Temperatur-Milieu

**anzupassen.
Besonders in den
polaren Klimazonen
waren „Felle“
unverzichtbar.
Pelze, vor allem
die aus
Winterfellen, sind
wegen des hohen
Wärmeschutzes
beliebt. Die Inuit
aus Grönland nutzen**

**Robben- und
Seehundfelle, in
Lappland sind es
Rentierfelle, in
Sibirien Felle von
Polarfuchs,
Schneehase.
Sibirische Tiger
sind vor Kälte bis
-45 °C geschützt.
Eisiger Kälte
angepasst haben**

**sich auch die
Hanuman-Languren,
eine in Nepal
lebende
Affenspezies.**

Der

**Mensch
ist ein
Kraftwerk
, eine**

Verbrennungsmaschine

Der

Mensch

ist wie

alle

Säugetier

e

vergleich

bar mit

einem

„Ofen“,

der

allerding

s immer

beheizt

werden

muss,

allein um

die

Betriebsst

emperatur

zu wahren
und den
ständigen
Wärmeverl
ust durch
Strahlung

**, Leitung
wie
Konvektio
n
auszuglei
chen .**

**Hört mit
dem Tode
die
Verbrennu
ng auf,
dann**

**kühlt der
Körper
ab, bis
auf die
jeweilige
Umgebungs**

**temperatu
r. Wird
in einem
Raum ein
toter
gefunden,**

dann

berechnet

man den

Todeszeit

punkt mit

Hilfe des

**Newton's
chen**

**Abkühlung
sgesetzes**

■

**Beheizt
wird der
„Ofen“
mit
Sonnenene
rgie, die**

**über die
grünen
Pflanzen
bei der
Fotosynth
ese in**

die

Nahrungsk

ette

eingespei

st wird.

Die

Pflanzen

liefern

auch

gleichzei

tig den

Sauerstoff

**f, ohne
den wir
die
Nahrung
nicht im
Körper**

verbrenne

n

könnten.

Eine

Energieei

nsparung

**ist
unmöglich
, weil
jeder
Körper in
Abhängigk**

eit von

seiner

Temperatu

r Wärme

abstrahlt

. Dies

**betrifft
ausnahmsl
os alle
festen
und
flüssigen**

**Körper
auf der
Erde.**

**Jeder
Stein,
jede**

**Pflanze,
alles
sendet
Wärmestra-
hlung aus
und kühlt**

sich ab.

Die

Körper

werden

nicht

abgekühlt

**durch das
Weltall,
nein sie
selbst
sind die
Objekte,**

welche in

die

Umgebung

Wärme

ausstrahl

en. Die

Erde

dreht

sich vor

der

Sonne,

damit

„Licht“

immer

wieder

die

Abkühlung

unterbrech

hen, der
Erde
frische
Energie
zuführen
und sie

**dadurch
erwärmen
kann. Ein
davon
unabhängi
ger**

Vorgang

ist die

Abkühlung

oder

Erwärmung

über den

**Wind,
durch die
Advektion
kalter
oder
warmer**

Luftmasse

n.

Insbesond

ere die

Schwankun

gen der

**Tagestemp
eraturen
gehen auf
Änderunge
n der
Windricht**

**ung
zurück,
wobei
heute
Tropikluf
t und**

morgen

Polarluft

herantran

sportiert

werden

kann .

Die von

den

Körpern

je nach

deren

Temperatu

r

ausgehend

e

Wärmestra

hlung ist

in der

**Regel
unsichtba
r.**

**Sichtbar
werden**

Wärmestra

**hören
erst,
wenn die
Herdplatte
e beginnt
rot zu**

glühen.

Strahlen

größerer

Wellenlän

ge sind

für das

menschliche

Auge

unsichtbar

; sie

liegen

jenseits

des roten

Lichts.

Deswegen

spricht

man auch

von

infrarote

r

Strahlung

. Hat man

entsprech

ende

**Infrarot-
Kameras,
so kann
man diese
unsichtba
re**

**Wärmestrahlung
erfassen
und somit
selbst
bei**

**tieftster
Finsterni
s jeden
Körper
fotografi
eren und**

**sichtbar
machen.**

**Dies kann
ein**

**Mensch,
ein Wild,**

**ein Baum,
ein Haus
oder ein
getarnter
Panzer
sein. Die**

Wärmestra

hlung

verrät

alles!

Die

Wärmestra

h_lung

erniedrig

t die

Temperatu

r des

strahlend

en

Objektes

und

erhöht

die

Temperatu

**r des
empfangen
den
Objektes,
wenn
dieses**

mehr

Wärme

empfangt

als es

selbst

ausstrahlt

t.

Die

Erdoberfl

äche

empfängt

extrem

unterschi

edliche

Wärmemeng

en von

der

**Sonne,
weil sie
eine
rotierend
e „Kugel“
ist und**

**keine
senkrecht
zur Sonne
stehende
„Scheibe“
. Da die**

Erdachse

nicht

senkrecht

auf der

Sonnenuml

aufbahn

**steht,
sondern
um 23,5
Grad
geneigt
ist,**

**haben wie
die vier
Jahreszei
ten
Frühling,
Sommer,**

Herbst

und

Winter.

Hat die

Sonne bei

23,5 °S

**den
südlichen
Wendekrei
s am 21.
Dezember
erreicht,**

dann

beginnt

der

Winter.

Dann

haben wir

in 50 °N

die

Längste

Nacht (16

h) und

den

kürzesten

Tag (8

h), bei

einer

Sonnenhö

e von

**16,5 Grad
über dem
Horizont.
Wir sehen
es an der
Länge**

unserer

Schatten.

Die

Beleuchtungsstärke

der

Sonnenstrahlen und ihre Wärmewirkung auf der Haut

sind

spürbar

geringer

als am

21. Juni

zur

**Sommerson
nenwende
am 21.
Juni. An
diesem
Tag steht**

**die Sonne
63,5 Grad
über dem
Horizont,
sind die
Tage 16**

Stunden

Lang und

die

Nächte 8

Stunden

kurz. Die

**höheren
Temperatu
ren im
Sommer
sind
einzig**

**Folge der
höheren
Beleuchtungsstärke
und der
längeren**

**Beleuchtungszeiten
, der
Sonneneinstrahlungsdauer.**

Seit

Nikolaus

Koperniku

s

(1473 - 154

3) das

heliocentrische

Weltbild

schuf und

Johannes

Kepler

(1571-1630) die Planetengesetze formuliert hatte,

gibt es

eine

völlig

natürlich

e

Begründun

**g sowohl
für den
Tagesgang
der
Temperatu
ren wie**

deren

Jahresgan

g. Dieser

natürlich

en

Rhythmik

hat sich

alles

Leben auf

der Erde

angepasst

. Es ist

einzig

und

allein

die Kraft

der

Sonne,

**die das
Leben in
seiner
Vielfalt
bestimmt.
Die Sonne**

versorgt

im

Frühjahr

die Natur

mit der

notwendig

en

Lebensene

rgie und

entzieht

ihr diese

Energie

**im Herbst
wieder.**

Dies

zeigt

sich an

der

**Vegetatio
nsperiode
, vom
zarten
Grün der
Bäume im**

Frühling

bis zum

Laubabwurf

im

Herbst.

Bei aller

wetterbed
ingten
Veränderl
ichkeit
der
täglich

**Temperaturen, die
jährliche
Temperaturen
kurve
folgt**

**eindeutig
dem Stand
der Sonne
wie der
Länge von
Tag und**

Nacht.

Das

Spurengas

CO₂ mit

einem

Luftanteil

1 von

0,04

Prozent

hat

keinen

messbaren

**Einfluss
auf die
Körpertem
peraturen
wie die
Lufttempe**

raturen.

CO₂ dient

den

Pflanzen

als

Nahrung

zum

Aufbau

von

Nahrung

für

Mensch

und Tier.

Was

nun

ist

Temp

erat

ur?

wärm

e

i st

i m m e

r an

s to f

flic

he

Mass

e

gebu

nden

. Je

meh r

Mass

e

man

hat,

dest

o

mehr

wärm

e

kann

man

spei

cher

n.

Mit

50000

Lite

rn

heiß

em

Wass

er

kann

man

mehr

heiz

en

als

mit

fünf

Lite

rn

glei

cher

Temp

erat

ur.

Es

war

ein

sehr

Lang

wier

iger

Proz

ess,

die

Begr

iff

„Tem

pera

tur“

und

„Wär

me“ ,

zuma

l

man

wärm

e

und

Kält

e

für

vers

chie

dene

Subs

tanz

en

und

die

Luft

für

eine

unsi

chtb

are

FLÜS

sigk

eit

hiel

t.

Der

Begr

iff

KaLo

rie

weis

t

noch

auf

die

vors

tell

ung

von

Wärm

e

als

„Ka1

orik

um“

hin.

Bei

der

wettet

ervo

rher

sage

w e r d

e n

i m m e

r

die

Luft

strö

mung

en

mit

Hilf

e

von

hydr

odyn

amis

chen

Bewe

gung

sgle

ichu

ngen

bere

chne

t.

Im

17.

Jahr

hundert

ert

begga

nnen

Natu

rfor

sche

r

wie

Robe

rt

Boyl

e

(162

7 - 16

91) ,

Robe

rt

Hook

e

(163

5 - 17

03)

und

Isaa

C

Newt

on

(164

2 - 17

26)

die

Mein

ung

zu

vert

rete

n,

dass

Wärm

e

mit

mech

an̄is

chen

Bewe

gung

en

zusa

mmen

häng

e.

Vor

ihne

n

hattt

en

scho

n

Phil

osop

hen

wie

Fran

cis

Bacco

n

(156

1 - 16

26) ,

Thom

as

Hobb

es

(158

8 - 16

79)

und

John

Lock

e

(162

3 - 17

04)

die

e

Ansi

cht

vert

rete

n.

Erst

e

quan

t i t a

t i v e

F o r m

ulie

rung

en

gehe

n

auf

Leon

hard

Eule

r

(170

7-17

83)

und

Dani

et

Bern

oull

i

(170

0 - 17

82)

zurü

ck.

Eule

r

s ch ä

tzte

die

Gesc

hwiin

diigk

eit

der

Gast

eilc

hen

auf

477

m/s .

Bei

0 °C

lieg

t

die

mitt

lere

Gesc

hwiin

diggk

eit

der

Luft

mole

kütle

beiri

400

m/s

(144

0

km/h

) ,

bei

20

°C

sind

es

500

m/s

(180

0

km / h

)

■

Die

Scha

u u g e

s c h w

i n d i

gkei

t

bei

15

°C

betr

ägt

nur

340

m/s

(122

4

km/h

) .

Also

Lang

e

vor

Jame

s

Maxw

eul

(183

1-18

79)

wurd

e

der

Grün

ds te

in

für

die

ki ne

ti sc

he

Gas t

he o r

i e

gete

gt.

Als

Gebu

rtsj

ahr

für

die

Theo

rie

der

„Bew

egun

g

durc

h

wärme

e“

gilt

1824

, in

dem

Sadi

Carn

ot

(179

6-18

32)

sein

e

„ Ged

anke

n

über

die

bewe

gend

e

Kraf

t

des

Feue

rs

und

über

Masc

chine

n,

die

dies

e

Kraf

t

ausn

utze

n

könn

en“

vorl

egte

. Er

begr

ünde

te

damí

t

zwar

eine

n

neue

n

Zwei

g

der

Phys

ik,

die

Ther

mody

namí

k,

fand

aber

Zeit

Lebe

ns

kein

en

wi[·]**de**

rh**a****l**

1.

1834

arbe

itet

e

Benno

it

clap

eyro

n

(179

9 - 18

64)

die

Arbe

it

von

Carn

ot

um

und

vers

chaf

fte

der

Ther

mody

namí

k

zum

Durc

hb ru

ch .

Robe

rt

Julia

us

Maye

r

(181

4 - 18

78)

best

imm

e

den

Wert

des

mech

anis

chen

wäärm

eäaqu

ivaal

ents

. Er

wies

auch

nach

,

dass

sich

Bewe

gung

sene

rgie

voit

stään

diig

in

wärm

e

umwa

ndel

n

Läss

t

und

verk

ünde

te

1845

den

Ener

g[·]iee

rhaɹ

tung

ssat

z.

Aber

Maye

r

wurd

e

die

Aner

kenn

ung

verw

eigge

rt,

er

sah

sich

gehä

ssig

en

Angr

iff e

n

ausg

eset

zt

und

verb

rach

te

zehn

Jahr

e im

I r r e

n h a u

S .

Er

wurd

e

auch

vert

acht

ob

der

Erkl

ärün

g

sein

er

Beob

acht

ung,

dass

sich

bei

eine

m

Stur

m

das

Wass

er

erwä

rmt .

ES

war

dama

ts

s c h w

i e r i

g z u

vers

tehe

n,

dass

Ener

gie

n i c h

t

v e r s

chwi

nden

kann



Das

Para

doxo

n

wurd

e

erst

aufg

elös

t,

als

man

vers

tand

,

dass

Wärm

e

mit

der

unge

ordn

eten

Bewe

gung

von

Moʻe

küʻe

n

verb

unde

n

ist

und

das

sich

die

„ver

s c h w

u n d e

n e

Ener

gie“

in

der

Ener

gie

dies

er

Mole

küßb

eweg

unge

n

wied

erfi

ndet

. Es

war

auch

sehr

schw

ieri

g zu

vers

tehe

n,

das

man

aus

dem

Endz

usta

nd

eine

s

System

ems

auf

kein

e

we**i**s

e

scht

iße

n

kann

,

woher

r

das

System

em

sein

e

Ener

gie

beka

m:

auf

Kost

en

von

Wärm

e

oder

von

Arbe

it.

Arbe

it

und

wärm

e

sind

Proz

essg

röße

n,

kein

e

zust

ands

größ

en

wie

Dru c

k,

Temp

erat

ur,

volu

men ,

inne

re

Ener

gie.

ES

wuch

S

auch

die

Erke

nn tn

is,

das

,

wenn

zwei

Körper

er

die

glei

che

Temp

erat

ur

hatt

en ,

n i c h

t

dara

us

folg

te,

dass

sie

dies

elbe

Ener

gie

besa

ßen.

Wärm

e

ist

n i c h

t

g l e i

ch

Temp

erat

ur ,

auch

wenn

gesa

gt

wird

,

dass

es

20

Grad

warm

ist!

Es

war

dann

will

i am

Thom

son

(182

4 - 19

07)

oder

„Lor

d

KeLV

in“ ,

der

die

ther

mody

namí

sche

Temp

erat

ursk

ala

entd

eckt

e.

wurd

en

f r ü h

er

zwei

Punk

te _

der

Schm

e l z p

u n k t

d e s

Eiße

s

und

der

Sied

epun

kt

des

Was s

ers

—

gew

ählt

,

und

dere

n

Abst

and

wie

bei

der

CeZs

iUs -

Skat

a in

1000

Teil

e

gete

ist,

so

geht

man

heut

e

vom

Trip

elpu

nkt

des

Was s

ers

aus,

wo

die

drei

Phas

en

Damp

f,

Wass

er

und

Eis

mitte

in

der

koex

isti

eren

▪

sein

e

Temp

erat

ur

in

kelv

in

bet r

äg t

exak

t

273,

16 K

oder

exak

t

0,01

°C.

Der

Über

gang

zur

neue

n

Skat

a

mit

dem

Trip

elpu

nkt

des

Was s

ers

als

ein·z

iggem

Fixp

unkt

g e s c

h a h

f a s t

unbe

merk

t.

Dies

e

über

eink

unft

wurd

e im

Jahr

e

1954

getr

offe

n.

Dass

beid

e

Temp

erat

uršk

alen

, ob

in

CeLs

ius -

Grad

oder

Kezv

in,

exak

t

über

eins

tim

en

wurd

e

1990

inte

rnat

iona

l

fest

gele

gt.

Über

die

Bean

two r

tung

der

Frag

e,

wie

die

Mole

külg

esch

wind

igke

iten

den

Gasd

ruck

und

wie

die

Mole

kühle

nerg

ien

die

Temp

erat

ur

best

**·
imme**

n

und

die

Glei

chun

g

m/2

v² =

3/2

k_T

erggi

bt

sich

,

dass

die

Temp

erat

ur

ein

Maß

für

die

kiene

tisc

he

Ener

gie

der

Möte

kühle

ist.

Fall

s

man

irge

ndei

n

Mozle

küıl

Lang

e

genu

g

verf

olge

n

könn

te,

wü r d

e

man

sehe

n,

das

es

mal

schn

ette

r,

mal

Lang

same

r

flie

gt,

wobe

i

aber

das

Quad

rat

der

Ges c

hwi n

di gk

eit

im

Mitt

el

glei

chb

eibt

■

wenn

sich

ein

Teek

esse

in

eine

m

Zimm

er

abkü

hzt

und

die

Luft

erwä

rmt ,

kann

man

spät

er

nicht

t

fest

stel

Len,

waru

m

sich

die

Luft

erwä

rmt

hat.

In

Gas

n

h e r r

s c h t

h a t

„Cha

os“ .

Ande

es

ist

rs

mit

elek

trom

agne

tisc

hen

Feld

ern.

Lich

t

tran

spor

tier

t

Info

rmat

ione

n

von

der

Fläche

he!

Eine

n

Teek

esse

l

oder

ein

Haus

kann

man

als

Foto

mit

Hilf

e

eine

r

Infr

arot

kame

ra

„seh

en“ .

Die

Infr

arot

stra

hlun

g

best

eht

aus

geri

chte

ten

e lek

t rom

agne

tisc

hen

welt

en ,

die

sich

n i c h

t i m

„ t h e

rmis

chen

Glei

chge

wich

t

mit

der

Luft

“

be fi

nden

■

■
Sie

werd

en

von

den

Atom

en

nisch

t

gest

reut

'

„beh

alte

n“

daru

m

die

Gest

alt

des

Teek

esse

als

und

könn

en

sie

über

trag

en.

Die

chao

tisc

he

Moʻle

kuʻa

rbew

egun

g

kann

kein

e

„Bil

der“

über

trag

en

und

abb*i*

Uden

!

Der

Proz

ess

des

Temp

erat

urau

sgle

ichs

ist

irre

vers

ibel

,

unum

kehr

bar.

Er

i st

i m m e

r

mit

eine

r

zuna

hme

von

Entr

opie

verb

unde

n.

Die

Entr

opie

wurd

e

von

Rudo

uf

clau

sius

(182

2 - 18

88)

theo

reti

s ch

entd

eckt



Sie

ist

eine

zur

Temp

erat

ur

zusa

mmen

häng

ende

Größe

e,

dere

n

Zuna

hme,

mult

ipuli

zier

t

mit

der

Temp

erat

ur,

die

von

eine

m

Körper

er

reve

rsib

el

aufg

en om

me ne

Wärm

e-

ener

gie

best

imm

■

Die

Gase

ntro

pie

läss

t

sich

in

Tabe

ulen

find

en,

aber

es

gibt

kein

Gerä

t,

ähnt

ich

eine

m

Baro

mete

r

oder

Ther

mome

ter,

das

den

Entr

opie

wert

anze

igt.

Kons

equa

nz

ist:

Es

gibt

kein

en

Proz

ess ,

dess

en

einzig

iges

Ergebnis

bnis

die

Kühl

ung

eine

s

Körper

ers

und

das

verr

icht

en

von

mech

anis

cher

Arbe

it

wäre

.

Diff

usio

n,

ReiB

ung,

Wärm

eiei

tung

,

Zähni

gkei

t,

jout

sche

wärm

e,

das

sind

eini ni

ge

der

Haupt

tmec

hani

s men

,

die

die

Entr

opie

erhö

hen .

Das

Prin

zip

des

Entr

opie

zuwa

chse

s

ist

eine

Eiige

nsch

aft

unse

rer

welt

, in

der

alle

makr

osko

pisc

hen

st

eme

aus

unvo

rs te

ll ba

r

viet

en

Teit

chen

(102

3 =

100

Trial

Liar

den)

best

ehen

■

Die

Entr

opie

zuna

hme

defi

ni
er

t

die

zeit

rich

tung

,

best

immt

den

„zei

tpfe

i”.

Di

e

Te

mp

er

at

ur

i's

七

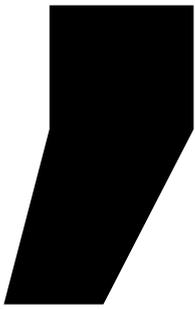
no

ch

v

i

erl



see

hr

v

i

erl

ko

mp

ri

z

zi

er

te

r!

Di

e

wä

rm

erl

eh

re

en

t w

ic

ke

U

U

e

Si

ch

zu

e i

ne

m

Te

1

2

ge

bi

et

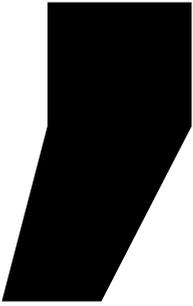
de

r

Ph

***y*s**

ik



al

S

kl

ar

wa

r

,

da

SS

di

e

wä

rm

e

ei

ne

FO

rm

wo

n

En

er

g

i

e

un

d

di

e

Te

mp

er

at

ur

ei

n

Ma

BS

fü

r

di

e

En

er

g

i

e

de

r

wä

rm

eb

e w

eg

un

g

i's

七

。

ES

i's

七

di

e

wo

n

L

u

dw

ig

Bo

U

U

zm

an

n

(

1

8

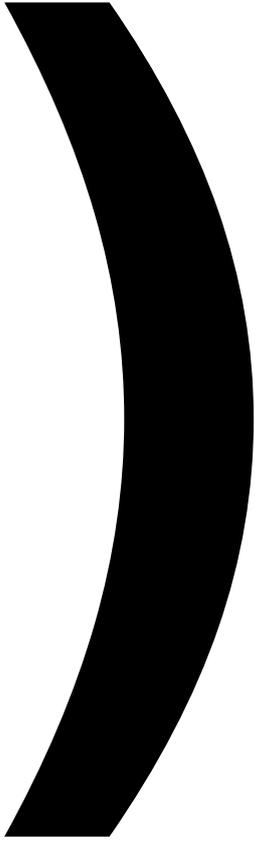
4

4

—

19

06



en

t w

ic

ke

U

U

e

Bo

U

U

zm

an

n

-

Ko

ns

ta

nt

e

K

,

di

e

de

n

ti

ef

en

z

u

sa

mm mm

en

ha

ng

zw

i's

ch

en

Me

ch

an

ik

un

d

wä

rm

erl

eh

re

al

S

“

E

ne

rg

ie



Te

mp

er

at

ur



Ää

ui

wa

le

nt

“

wi

de

rs

p

i

eg

erl

七

。

Ha

七

ei

n

Kö

rp

er

di

e

Te

mp

er

at

ur

T

7

da

nn

i's

七

K T

e i

n

Ma

BS

fü

r

di

e

mi

七

七

le

re

En

er

g

i

e

j e

de

S

see

in

er

mi

kr

OS

ko

p

i

sc

he

n

F r

e i

he

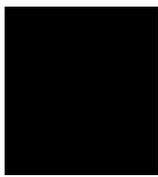
立

止

sg

ra

de



De

r

un

ge

fä

hr

e

We

rt

de

S

En

er

g

i

e

—

Te

mp

er

at

ur



Um

re

ch

nu

ng

S f

ak

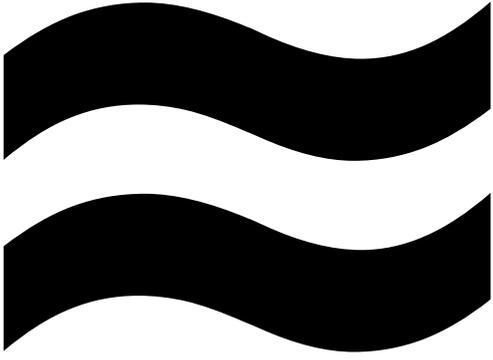
to

rs

i's

七

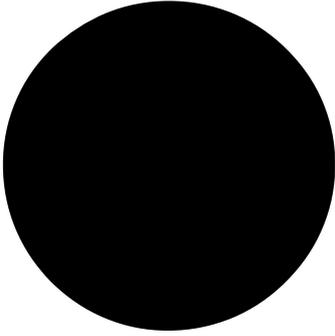
K



1

,

4



10

2

3

J /

K

.

Da

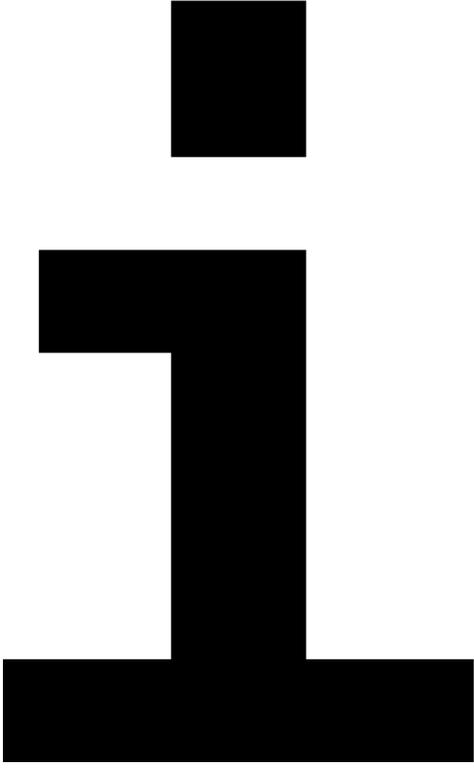
mi

七

i's

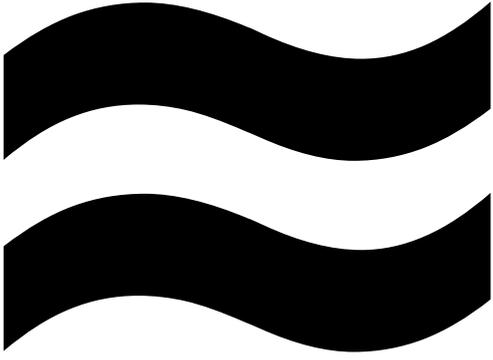
七

be



1

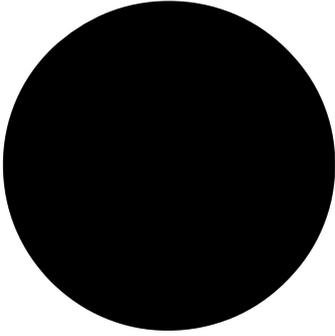
J



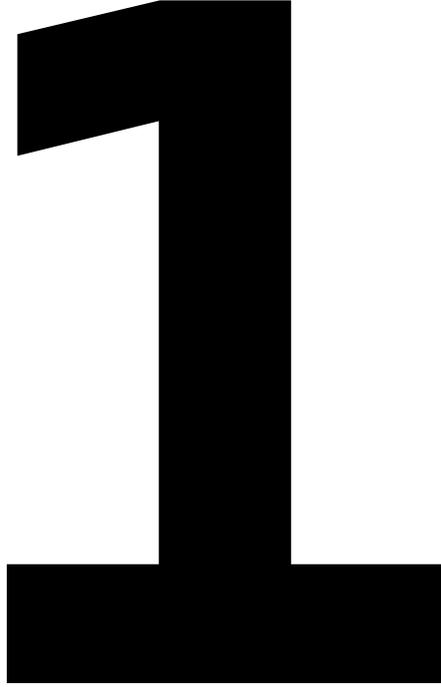
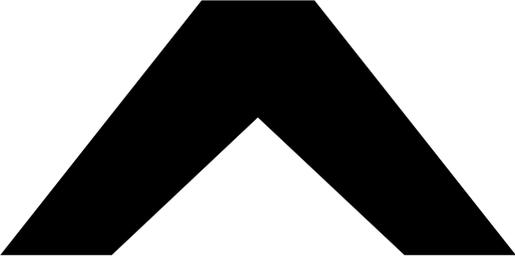
6

,

2



10



8

ew

■ ■

ä d

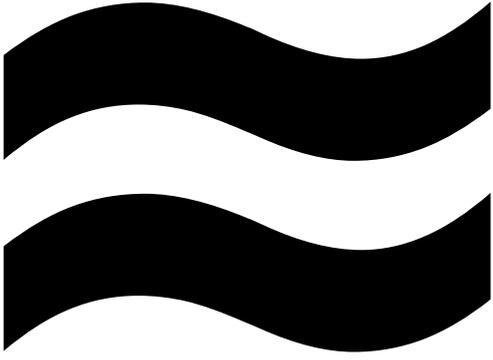
ui

wa

le

nt

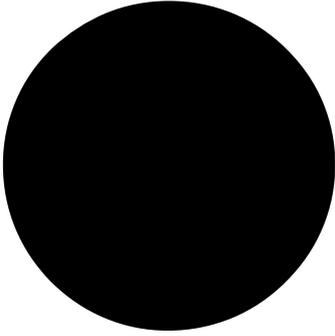
K



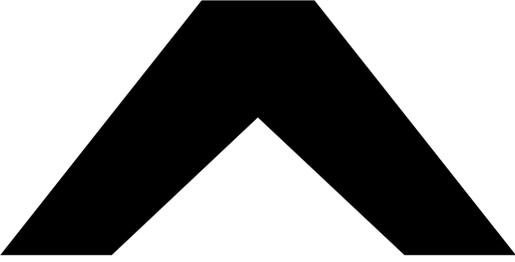
8

,

5



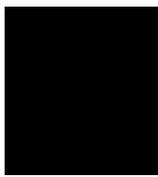
10



5

ew

AK



1

J

en

ts

pr

ic

ht

al

so

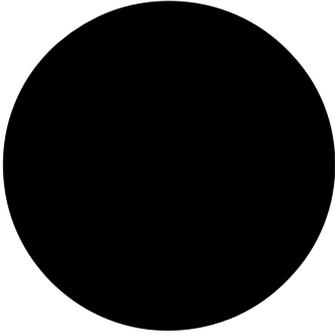
et

wa

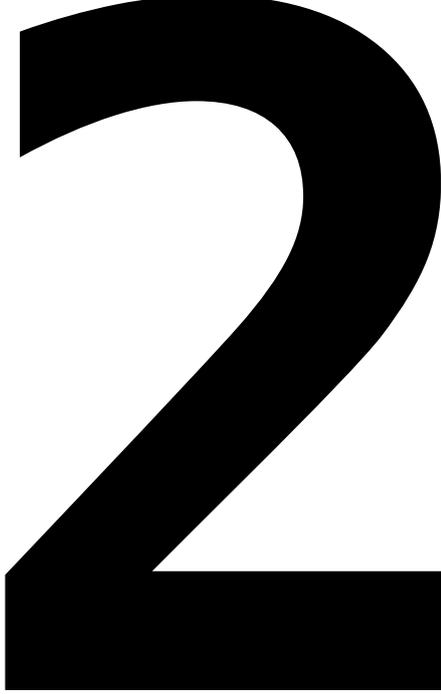
0

,

72



10



3

K

un

d

1

ew

en

ts

pr

ic

ht

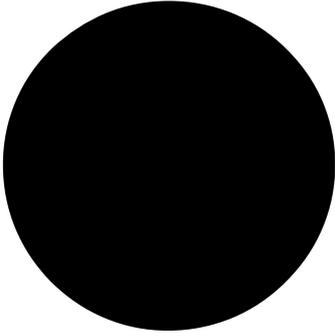
et

wa

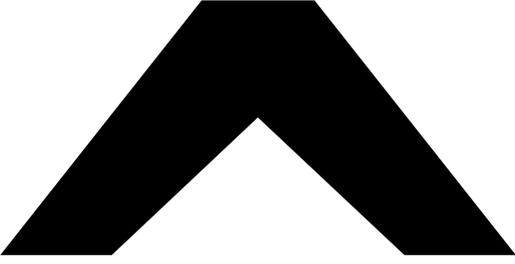
1

,

2



10



K

.

Ku

rz

al

S

Me

rk

re

ge

U



1

ew

en

ts

pr

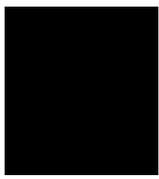
ic

ht

et

wa

10



O

00

K

!

Da

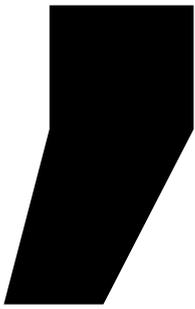
S

be

de

ut

et



da

SS

ma

n

di

e

An

ga

be

de

r

Te

mp

er

at

ur

ei

ne

S

ge

su

nd

en

Me

ns

ch

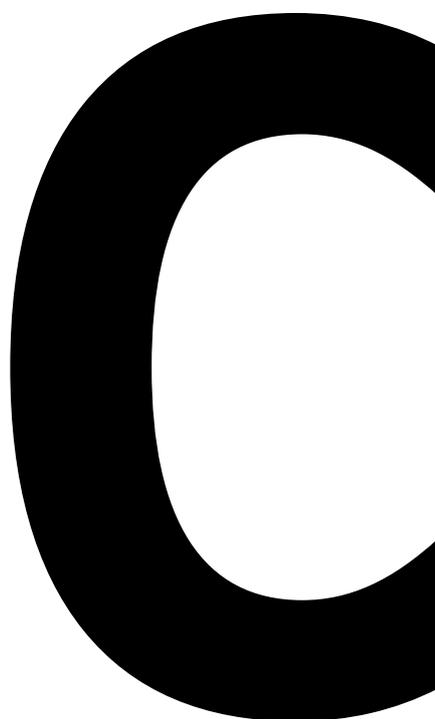
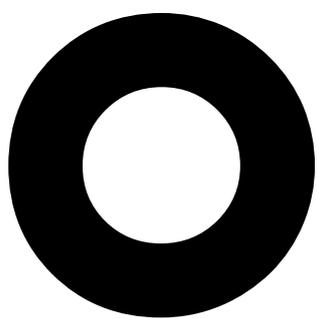
en

al

S

36

,6



au

ch

au

sd

rü

ck

en

ka

nn

mi i

七

30

9

,

8

K

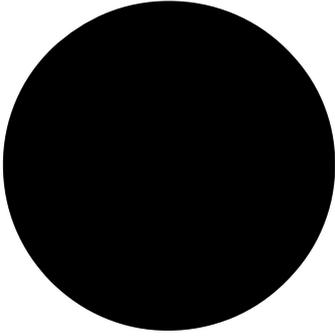
od

er

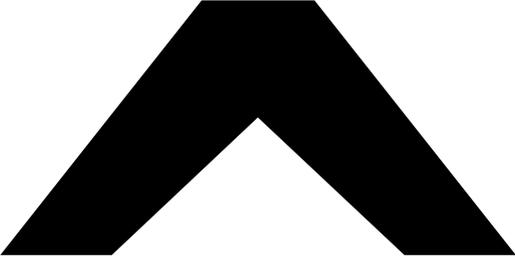
4

,

28



10



21

J

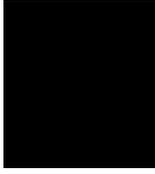
od

er

27

me

V



Di

es

e

An

ga

be

n

Si

nd

z w

ar

■ ■

ä d

ui

wa

le

nt

un

d

ko

rr

ek

七

、

ab

er

un

ub

ri

ch

un

d

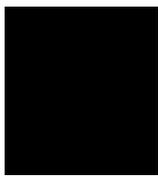
zu

ab

st

ra

kt



I

C

h

de

nk

e

,

wi

r

w e

rd

en

no

ch

la

ng

e

an

de

n

Ce

LS

iu

S

I

Gr

ad

en

fe

st

ha

U

U

en

od

er

in

de

n

us

A

de

n

Fa

hr

en

he

立

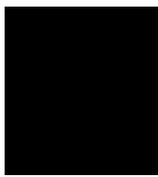
止



Gr

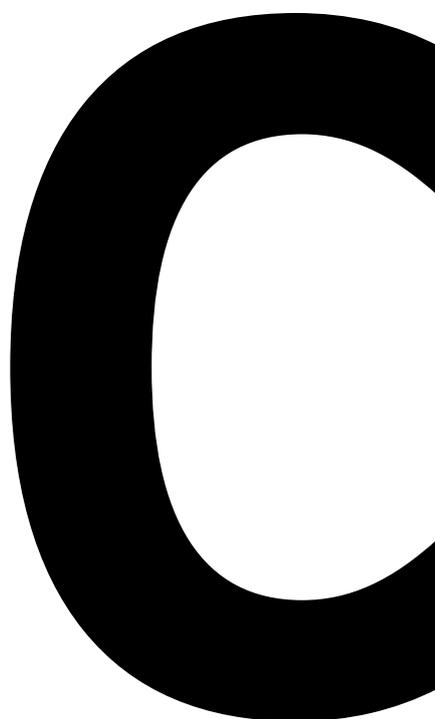
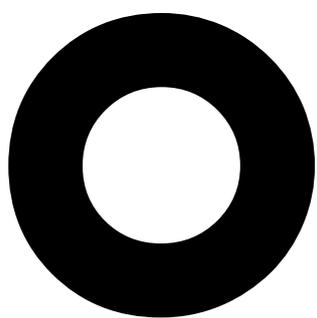
ad

en



36

,6



en

ts

pr

ec

he

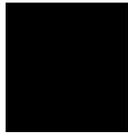
n

97

9,

O

F



Ei

ne

Te

mp

er

at

ur

i's

七

e i

n

Ma

BS

fü

r

di

e

mi

七

七

le

re

k i

ne

ti

sc

he

En

er

g

i

e

de

r

Lu

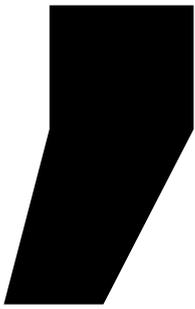
f t

mo

le

kü

le



ab

er

wa

S

i's

七

e i

ne

Mi

七

七

erl

te

mp

er

at

ur



Di

e

Te

mp

er

at

ur

i's

七

ei

ne

Qu

al

立

止

ät

sg

rö

Be

wO

hi

ng

eg

en

di

e

wä

rm

e

ei

ne

Qu

an

ti

tä

ts

gr

örs

e

i's

七

。

Je

me

hr

Ma

SS

e

wo

rh rh

an

de

n

i's

七

、

de

st

O

me

hr

wä

rm

e

ka

nn

ma

n

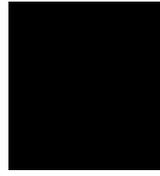
sp

e i

ch

er

n



FIL

üS

Si

ge

Ma

SS

en

ka

nn

ma

n

we

rm

i's

ch

en

un

d

au

S

he

is

em

un

d

ka

U

U

em

wa

SS

er

wO

ht

te

mp

er

ie

rt

es

Ba

de

wa

SS

er

he

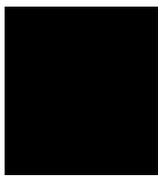
rs

te

U

U

en



Di

es

ge

ht

au

ch

mi

七

ka

U

U

er

un

d

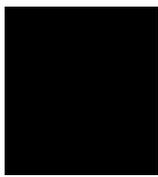
wa

rm

er

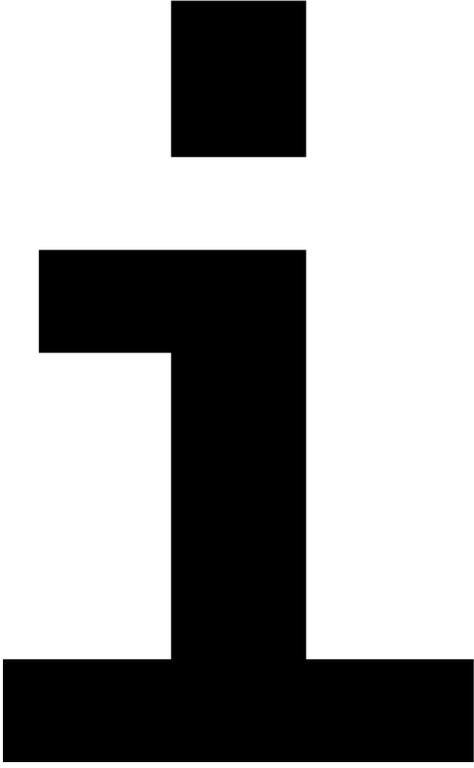
Lu

f t



Da

be



en

ts

te

he

n

T

i

ef

dr

wc

K

k

ge

bi

et

e

,

in

de

ne

n

da

nn

du

rc

h

ve

rm

i's

ch

un

g

e i

n

Te

mp

er

at

ur

au

sg

le

ic

h

er

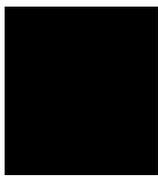
ze

wg

七

wi

rod



Ab

er

wa

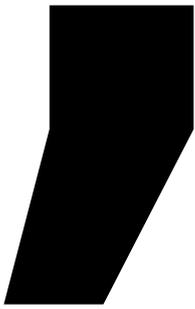
S

pa

SS

ie

rt



w e

nn

ma

n

Te

mp

er

at

ur

en

mi

七

七

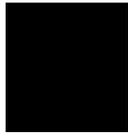
erl

t ?

Ni

ch

ts



Di

es

i's

七

e i

n

ga

nz

ei

n

f

ac

he

r

Re

ch

en

wo

rg

an

g

,

de

r

ni

ch

ts

be

wi

rk

七

。

We

nn

ma

n

Te

mp

er

at

ur

en

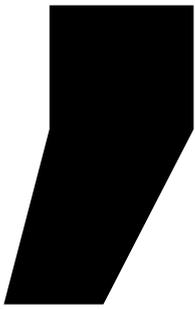
wo

n

Lo

nd

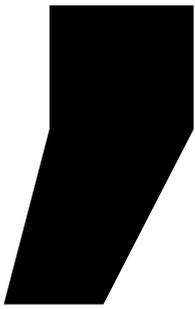
on



Be

rt

in



Ma

dr

id

un

d

A t

he

n

mi

七

七

erl

七

、

da

nn

er

hää

U

U

ma

n

e i

ne

MM

立

止

te

U

U

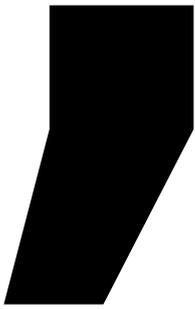
em

pe

ra

tu

r “ ”



di

e

e i

n

”S

p

i

erl

w e

rt



da

rs

te

U

U

七

un

d

im

Gr

un

de

ni

ch

ts

au

SS

ag

七

。

No

ch

v

i

erl

sc

ht

im

me

r

we

rh rh

äl

七

es

Si

ch

mi

七

de

r

rw

erl

t m

立

止

te

U

U

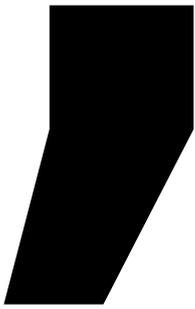
em

pe

ra

tu

r “ ”



ge

rn rn

e

”G

lo

ba

U

U

em

pe

ra

tu

r “ ”

ge

na

nn

七

。

Da

S

i's

七

ei

ne

f

i

kt

i

v

e

Te

mp

er

at

ur

eb

en

so

wi

e

da

S

da

wo

n

ab

ge

le

立

止

et

e

”G

lo

ba

uk

ri

ma

“

!

Mi

七

Mi

七

七

erl

te

mp

er

at

ur

en

ka

nn

ma

n

ni

ch

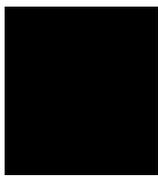
ts

an

fa

ng

en



Di

es

be

g

i

nn

七

be

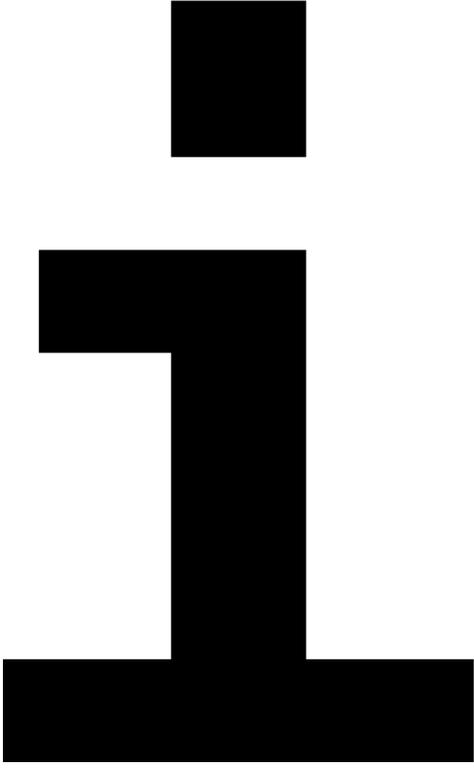
re

立

止

S

be



de

r

Be

re

ch

nu

ng

de

r

Ta

ge

S m

立

止

te

U

U

em

pe

ra

tu

r

,

di

e

ni

ch

七

ei

nm

al

ei

nh nh

e i

せじ

ic

h

na

ch

de

n

MM

an

nh nh

e i

me

r

S t

un

de

n

“

er

fo

lg

七

。

Di

e

Ta

ge

S m

立

止

te

U

U

em

pe

ra

tu

r

i's

七

e i

ne

e i

n

f

ac

he

Re

ch

en

gr

ö ß

e

,

ke

in

ph

***y*s**

ik

al

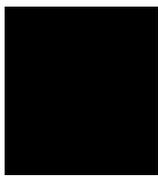
i's

ch

er

We

rt



wi

r

sp

ür

en

un

d

f ü

ht

en

ke

in

e

Mi

七

七

erl

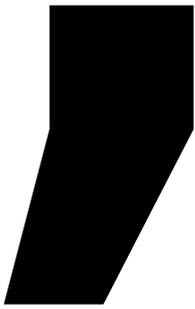
te

mp

er

at

ur



so

nd

er

n

nu

r

de

n

Ga

ng

de

r

re

al

en

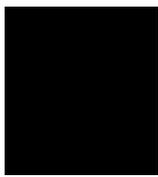
Te

mp

er

at

ur



De

SW

eg

en

w e

rod

en

in

al

le

n

We

七

七

er

be

ri

ch

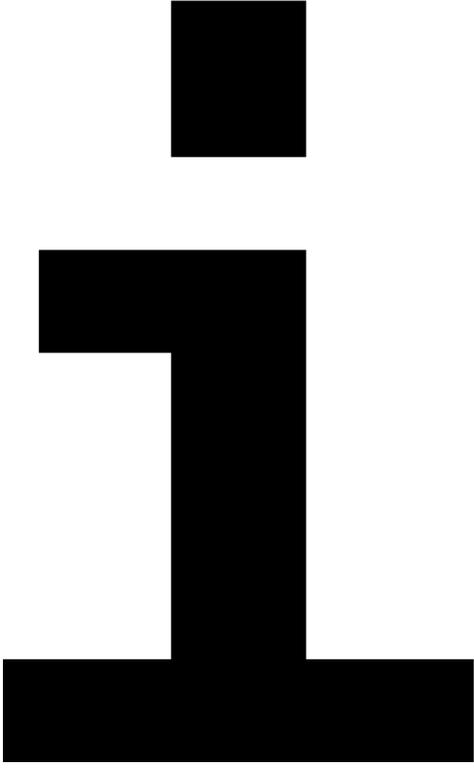
te

n

un

d

be



al

le

n

We

七

七

er

wo

rh rh

er

sa

ge

n

im

me

r

z w

ei

Te

mp

er

at

ur

en

an

ge

ge

be

n

,

da

S

mo

rg

en

dl

ic

he

Mi

ni

mu

m

wi

e

da

S

mi

七

七

■ ■

ä g

ri

ch

e

Ma

X

i

mu

m



Be

id

e

An

ga

be

n

ge

be

n

e i

n

Ge

f ü

ht

f ü

r

de

n

ve

rt

au

f

de

S

Ta

ge

sg

an

ge

S

de

r

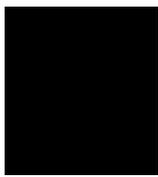
Te

mp

er

at

ur



Di

e

UN

at

ur



ri

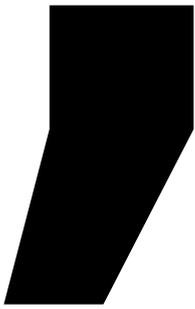
ch

te

七

Si

ch



wi

e

au

ch

de

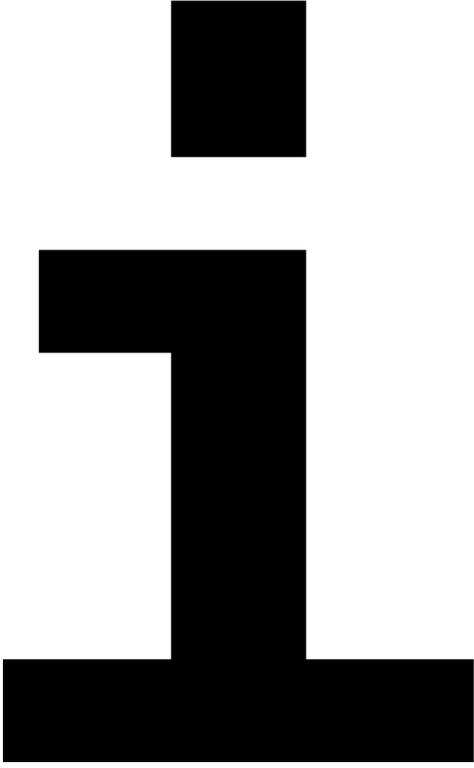
r

Me

ns

ch

be



de

r

wa

ht

de

r

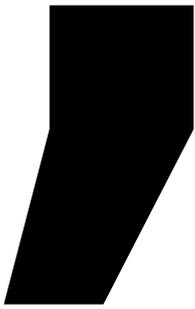
Be

kl

ei

du

ng



im

me

r

na

ch

de

n

wi

rk

ri

ch

en

Te

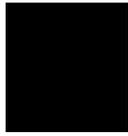
mp

er

at

ur

en



We

nn

Si

e

Si

ch

un

d

ih

re

n

F r

eu

nd

en

et

wa

S

Gu

te

S

tu

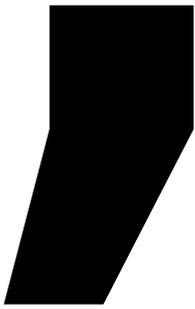
n

wO

U

U

en



da

nn

ge

hö

rt

au

f

de

n

Ga

be

nt

i's

ch

da

S

Bu

ch

”P

ro

ph

et

en

im

Ka

mp

f

um

de

n

кп

im

at

hr

on



wi

e

mi

七

Än

gs

te

n

um

Ge

ud

un

d

Ma

ch

七

ge

kä

mp

f t

wi

rd



In

di

es

em

Si

nn

e

Ih

ne

n

al

le

n

ei

n

f r

öh

ri

ch

es

un

d

ge

see

gn

et

es

We

ih

na

ch

ts

fe

st

un

d

al

le

S

Gu

te

im

ko

mm mm

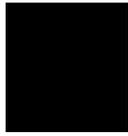
en

de

n

Ja

hr



Dipl.-Met. Dr. phil. Wolfgang Thüne